

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

- ✓ El problema
- ✓ Sistemas de control y DSP
- ✓ Ingeniería de software
- ✓ Planteamiento del modelo
- ✓ DCE y resultados
- ✓ Conclusiones
- ✓ Perspectivas
- ✓ Retroalimentación

Director Proyecto  
Prof. Héctor Angulo B.

Mario A. Yandar  
<[mayandar@osso.org.co](mailto:mayandar@osso.org.co)>

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación  
Observatorio Sismológico del SurOccidente  
Facultad de Ingeniería  
**Universidad del Valle**  
**2004**

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Conceptos iniciales:

**Señales:** (señales digitales) representación de eventos del mundo real.

**Estación sismológica:** registro de datos (señales).

**Conversión Análogo/Digital:** digitalización de señales

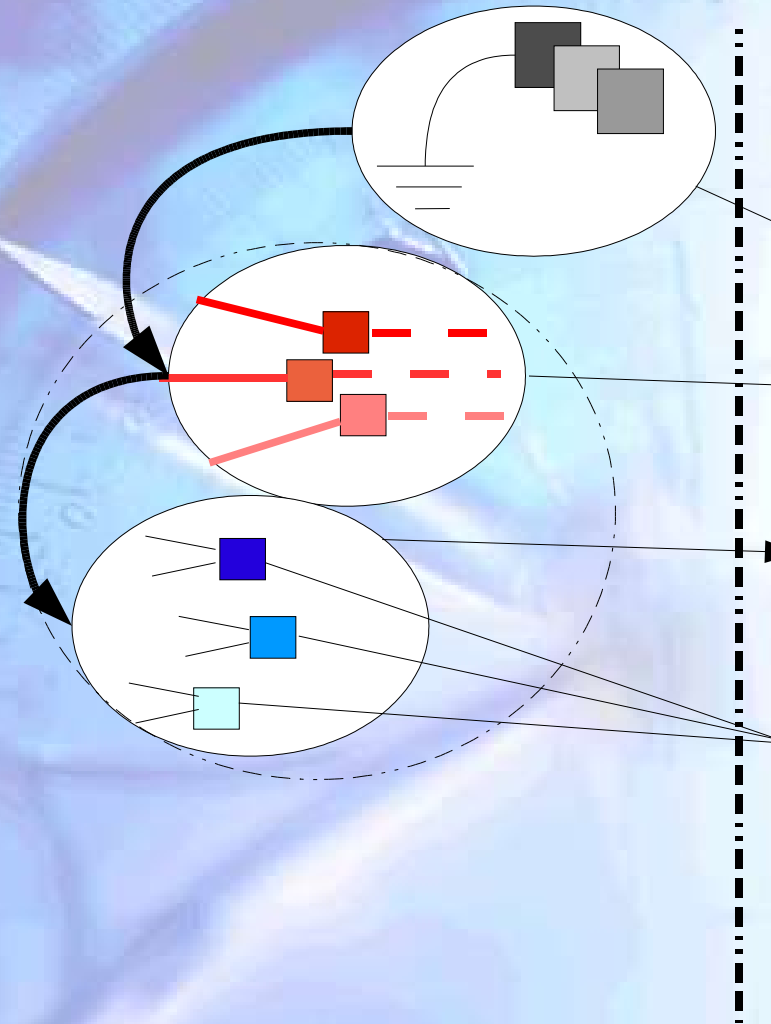
**Detección:** cuando un segmento de señal presenta una condición o característica buscada.

**Determinación de evento:** (trigger) cumple condición de detección sobre un conjunto de estaciones o canales.

**Procesamiento de señales digitales:** (DSP) la matemática, los algoritmos y las técnicas usadas para manipular señales después de su conversión en forma digital.

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

Cual es el problema ?



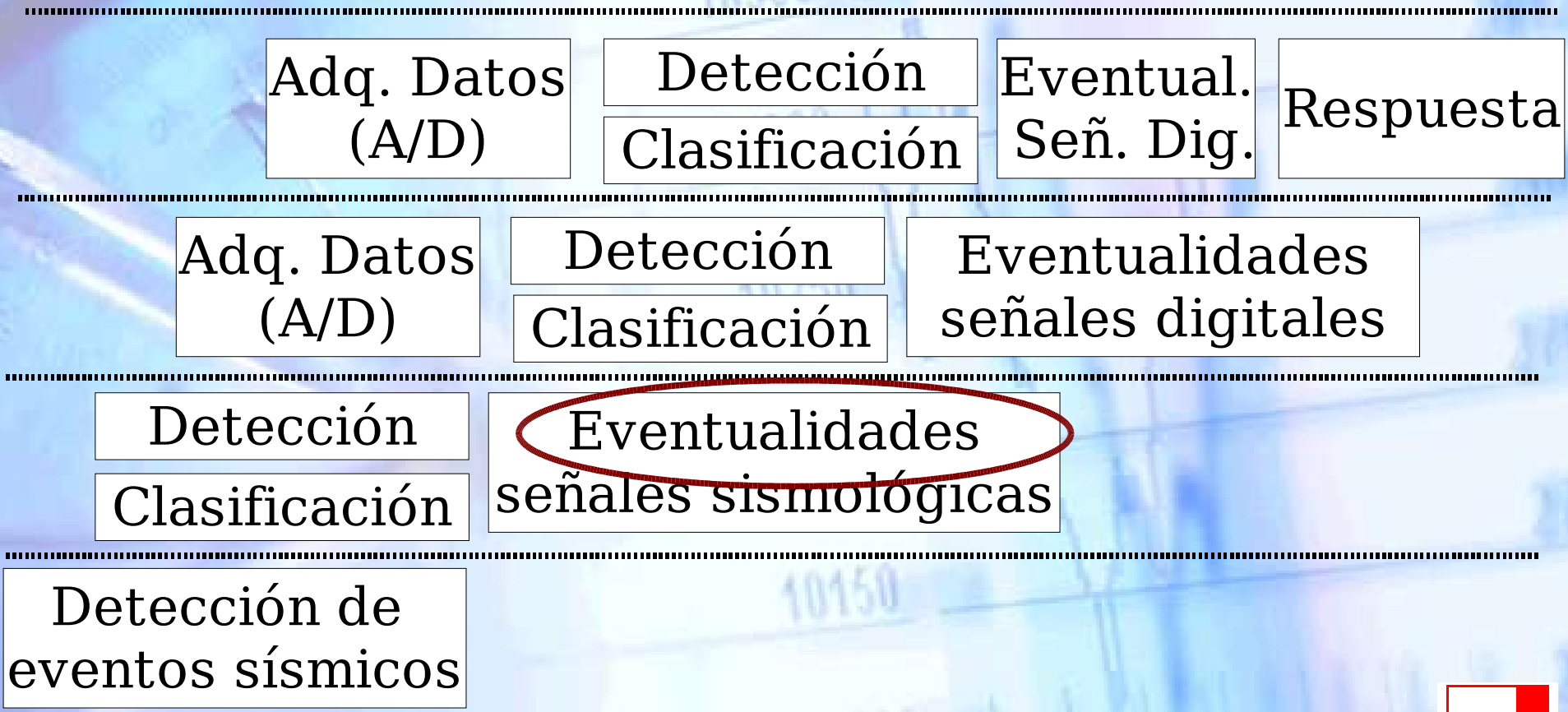
## Proceso Sismológico

- Registro de las estaciones.
- Adquisición de datos (A/D)
- **Detección de eventos**
  - Localización de eventos sísmicos
  - Postprocesamiento e investigación

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

Cual es el problema ?

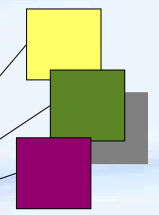
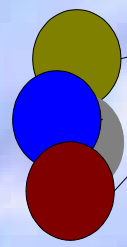
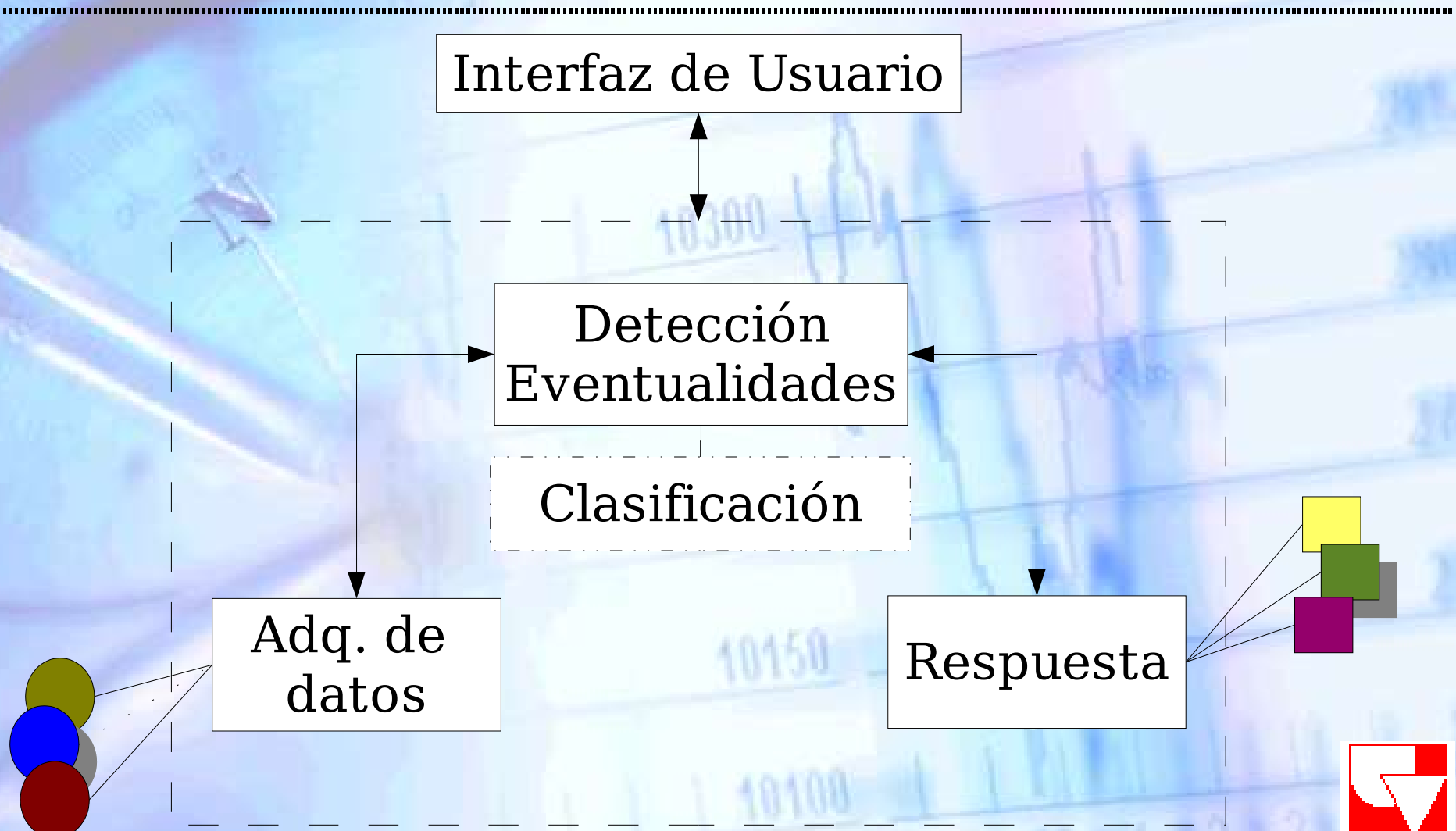
...Abstracción...



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

Cual es el problema ?

..Generalización..



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Por qué resolver ?

### Sismología :

Detectar eventos sísmicos

- Informar
- Investigar
- Alertar
- ..Planear



Vigilancia constante  
Confiability  
Nivel de funcionalidad  
Comunicación externa  
Requerimientos  
Otros usos

Otras señales..

- Algunos ruidos (posibles daños)
- Explosiones
- ..



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Por qué resolver ?

Es problema de Ing?

El problema se parece a otros?

Cómo enfocar una solución?

Solución adecuada al medio ?  
Técnicamente viable?  
Limitaciones y restricciones..

Algunos casos...

Es posible proponer una solución desde la Ingeniería de Sistemas ?



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Cual es el problema ? - Objetivo

### Objetivo general

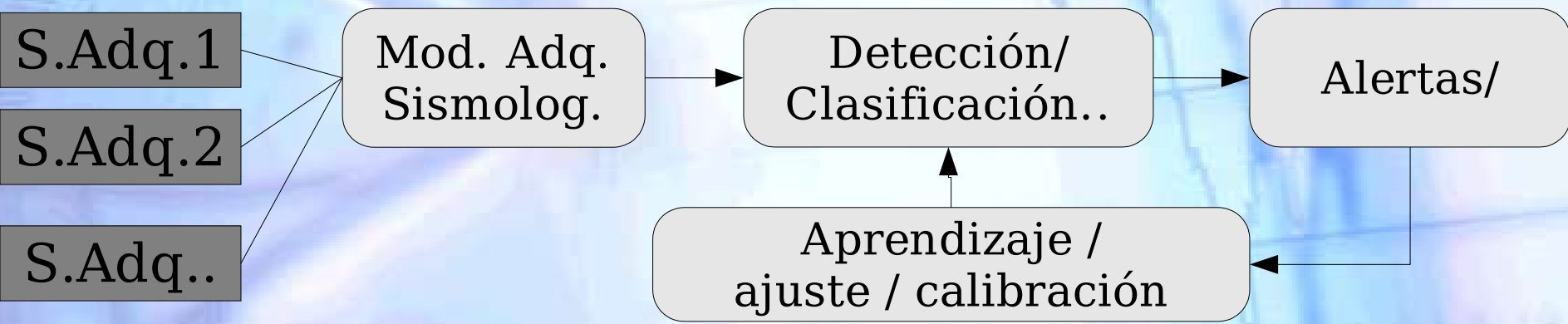
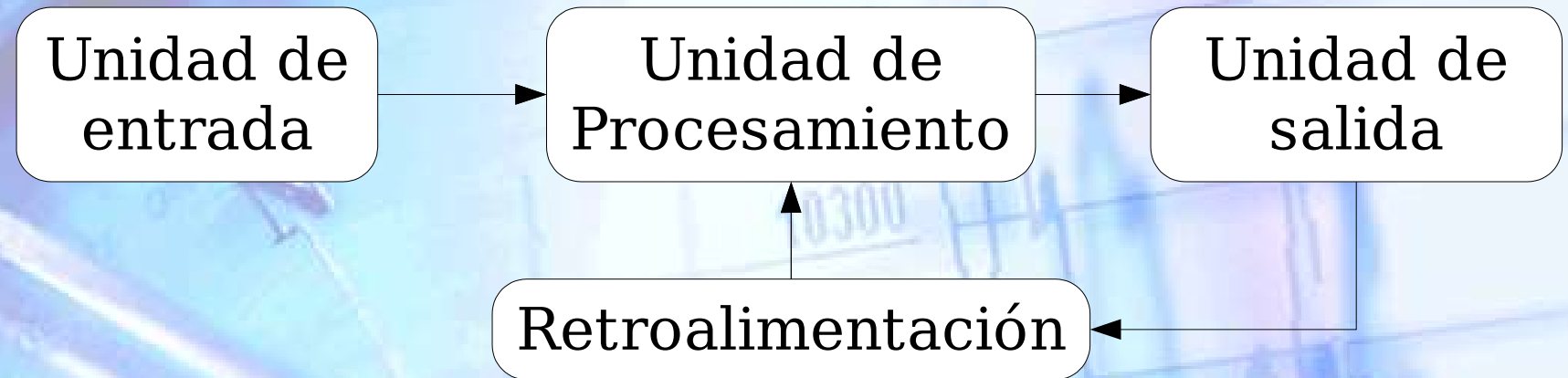
Implementar un sistema detector de eventos sísmicos para redes sismológicas, a partir de señales sísmicas, que siga principios de diseño de sistemas críticos, otorgando confiabilidad y tolerancia a fallos, dentro de criterios establecidos.

- ✓ Diseñar un modelo teórico-funcional
- ✓ Tecnología de bajo costo (PC)
- ✓ Análisis automático de señales digitales



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Sistemas de control



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DSP - Procesamiento de señales digitales

Algunos mecanismos de software:

**STA/LTA**

Filtros : transformación.

**Wavelets**

Extracción de características

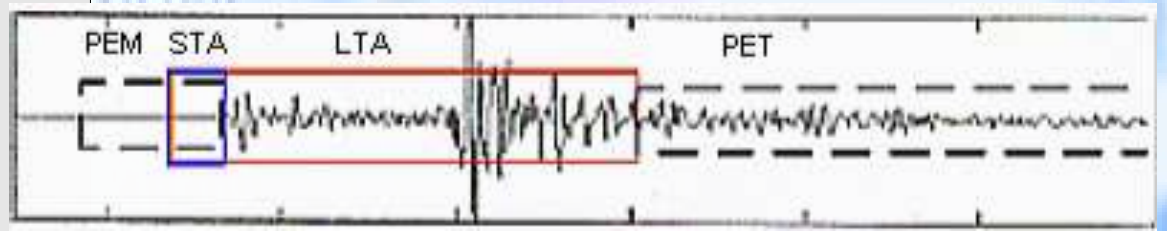
Reconocimiento de patrones

Inteligencia Artificial

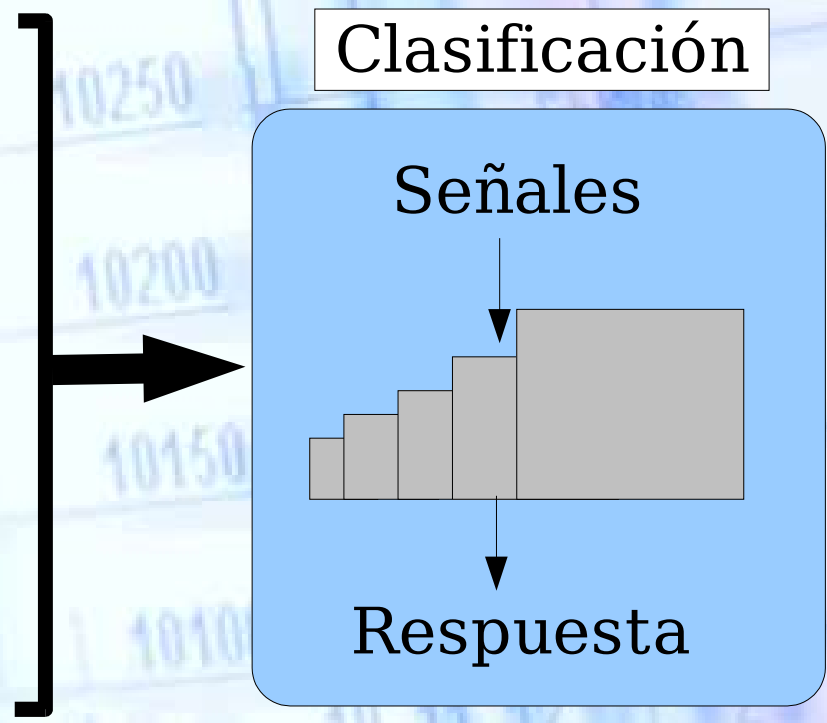
- Redes neuronales
- Programación evolutiva

DataMining

Detección



Clasificación



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Ingeniería de software. De seguridad-crítica

**Design Factors for Safety-Critical Software**  
J. Dennis Lawrence, G. Gary Preckshot  
Oct. 1994

Factores de consideración en el diseño para la construcción de software de seguridad crítica:

- ✓ Calidad y experiencia
- ✓ Claridad, estabilidad y validación de requerimientos
- ✓ Independencia de la verificación y validación
- ✓ Uso de un ciclo de vida formal para desarrollo
- ✓ Uso de análisis de riesgo para guiar el desarrollo.
  
- ✓ Mejoramiento continuo del proceso
- ✓ Detección y resolución del problema primario
- ✓ Seguimiento de defectos

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Ingeniería de software. Bases del desarrollo

### Bases de gestión

Dimensionar el producto:

- Funcionalidad
- Complejidad
- Recursos
- Actividades

### Bases técnicas

- Gestión de requerimientos
- Diseño
- Construcción
- Gestión de configuraciones

### Bases de control de calidad

Estimación,  
Planificación y  
Seguimiento.

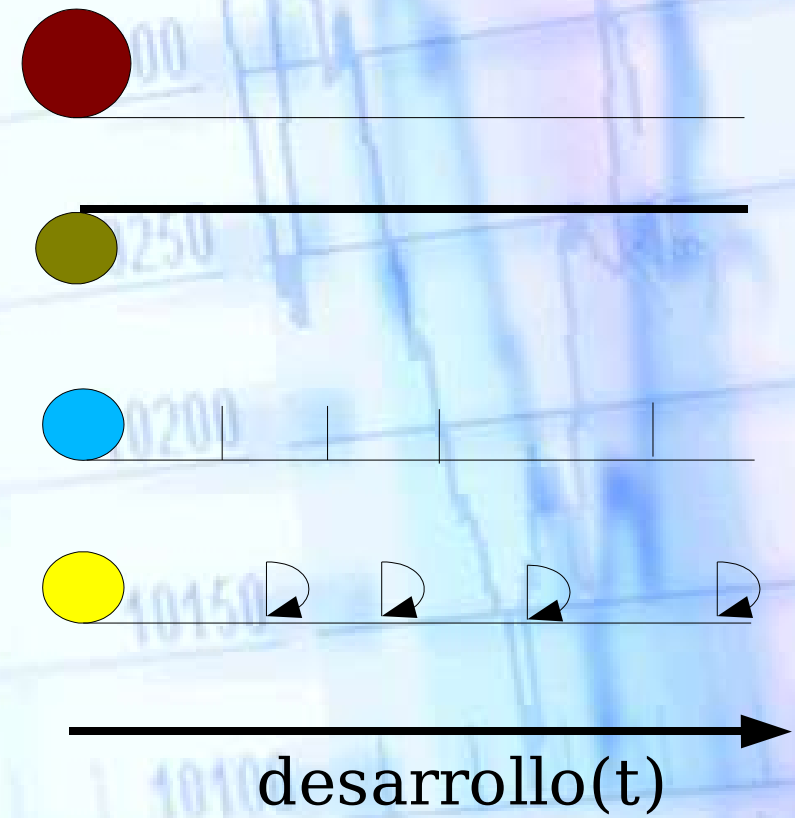
**Desarrollo y Gestión de  
proyectos informáticos**  
**McConnell, Steve**  
**1996**

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## Ingeniería de software. Supervisión

### Procesos de supervisión

- Sistema de calidad
- Documentación
- Revisiones
- Pruebas



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## El modelo. Planeación

### Planeación

- Análisis de factibilidad
- Actividades generales
- Definir el Sistema de Calidad

### Análisis Global

- Descripción del sistema
- Análisis de requerimientos

### Diseño Global

- Gestión de configuraciones
- Utilización de Patrones
- Diseño Crítico
- HRT-HOOD

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## El modelo. Plan de Pruebas

### Definición Plan de pruebas

- Sobre el diseño o pruebas de caja blanca
- Sobre la funcionalidad o pruebas de caja negra

### Ciclo de vida del desarrollo

- Que facilite mantener **procesos documentados** sobre el proyecto.
- Que favorezca el análisis y la **gestión del riesgo**.
- Que permita obtener **resultados parciales** durante el mismo proceso de elaboración.
- Que facilite la distribución de **trabajo en equipo**.
- Que permita hacer **planificación** sobre actividades y tiempo.

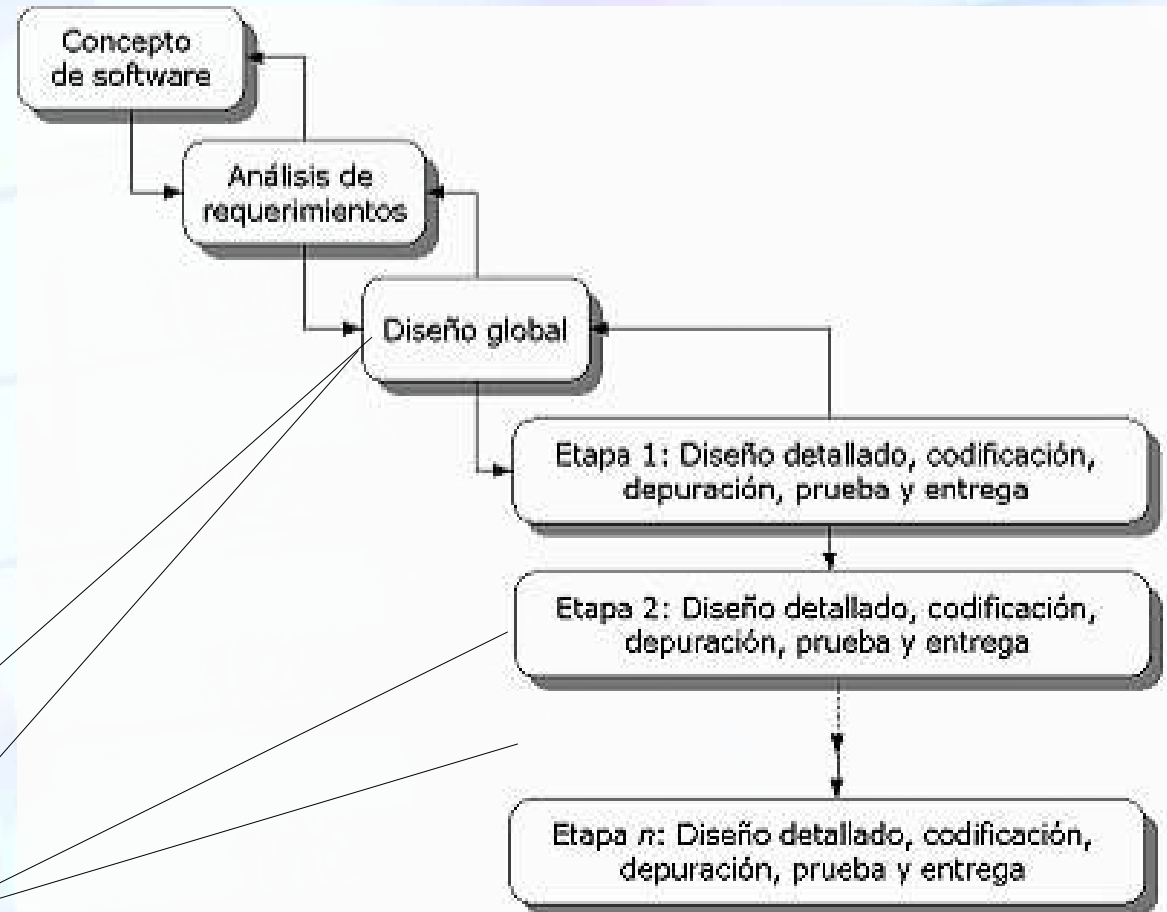


# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## El modelo. Selección Ciclo de Vida

- Selección Ciclo de Vida
  - Entrega por etapas +
  - Estimación y control del riesgo

- Definición etapas
  - Planeación
  - Subproductos
  - Gestión



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

### • **Factibilidad**

- Técnica
- Económica
- Operacional

### • **Actividades**

- Aplicación del modelo
- Diseño de etapas
- Diagnóstico y mejoras

### • **Supervisión** (S. Calidad)

- Ciclo de Vida
- Plan de pruebas

### **S-DCE**

Técnica: señales..

Económica: OSSO

Operacional: existen sols?, etc.

CV: Entrega por etapas

Patrones GRASP

Reportes

Codif. de mensajes

Def. plan de pruebas

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

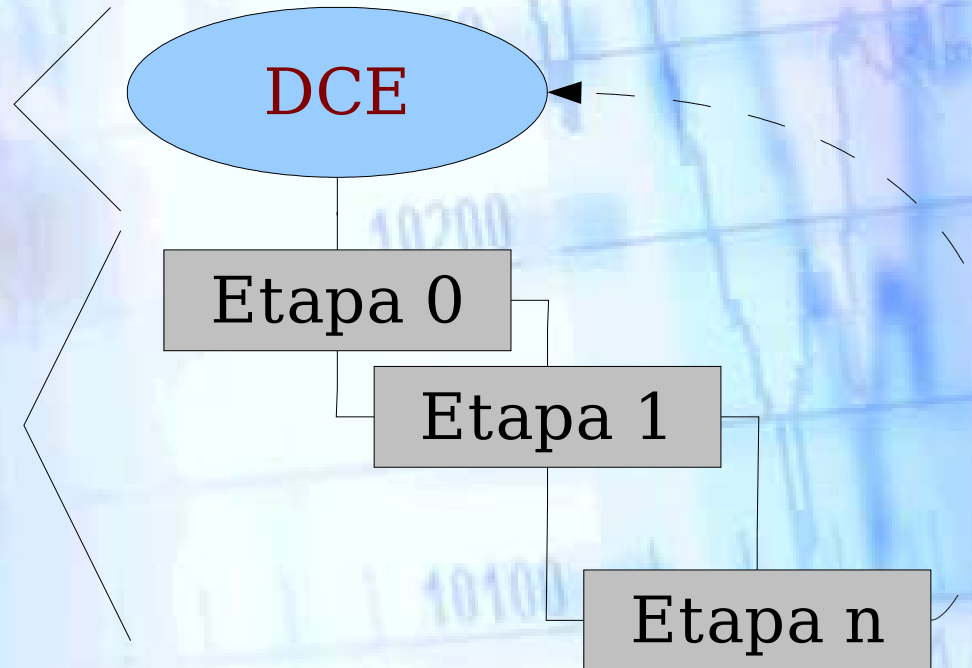
- **Análisis detallado** (Etapa 0)
  - Problema
  - Requerimientos
  - Diagramas UML
- Definición y ordenamiento **etapas**

**S-DCE**

Problema: OSSO-RSW  
Requerimientos: ....  
Casos de uso: - - -

Planeación  
Conceptos  
S. Crítico

Descripción  
Protocolos  
Diseño detallado  
Codificación  
Pruebas

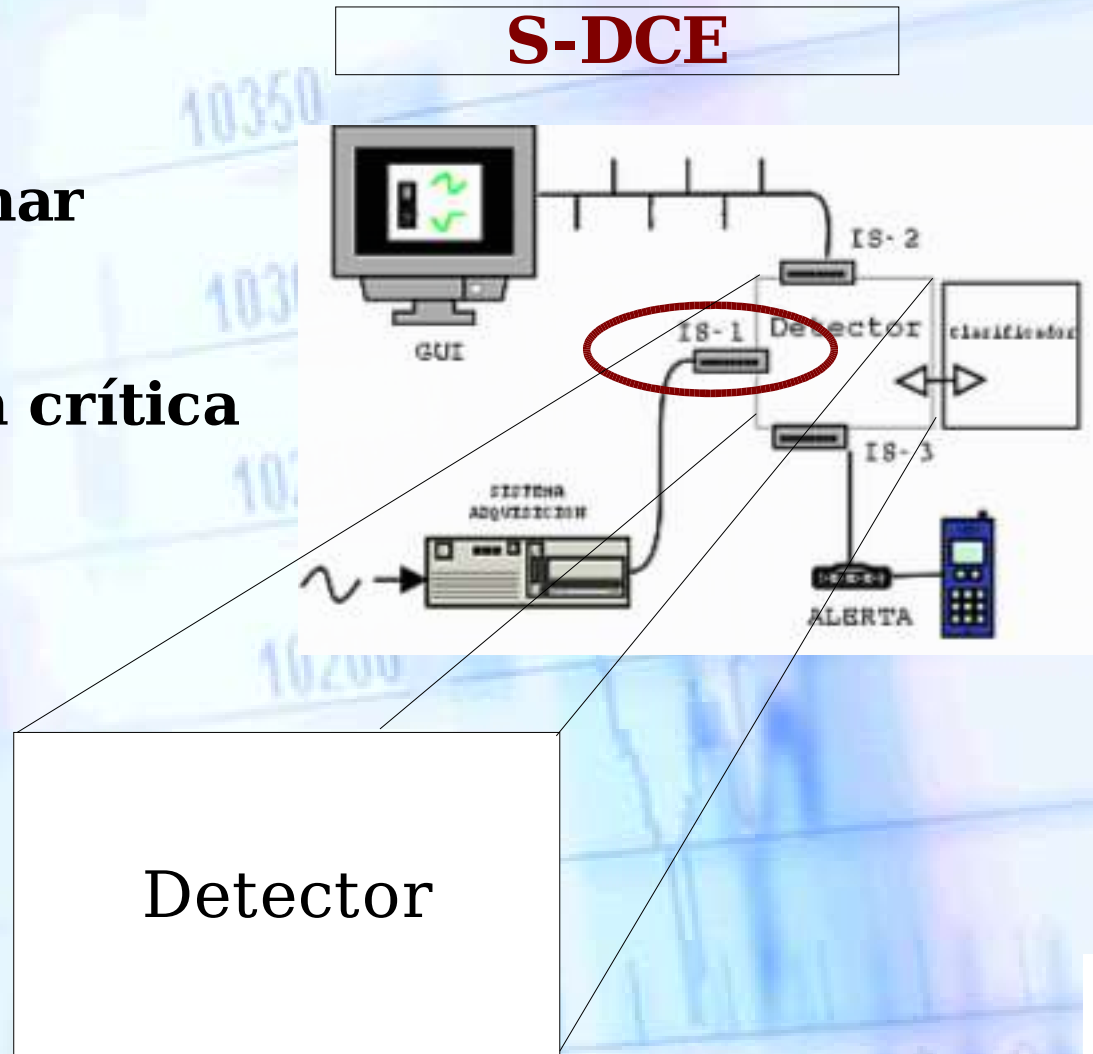


# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

- Arquitectura preliminar
- Identificación sección crítica

- Recomend. modelo
- Más pruebas
- Más revisión
- Mecanismos de supervisión



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

### S-DCE

- Etapa 1 -
  - Descripción
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas

1- Comunicaciones, control, protocolos

commonlib/  
DSRCP  
XMLDSRC  
Sockets  
dceLOG

Estructuras de datos

Comunicaciones

Supervisión y control de funcionamiento

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

1- Comm, control, protocolos

- Etapa 2 -
  - Descripción
  - Diseño detallado
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas

Entrada de datos desde archivos

Visualización

**S-DCE**

2- Entrada y visualización

mod\_adq/  
wvmm\_to\_dsrcp  
XMLSignalServerThread

mod\_gui/  
SignalClient  
XMLDSRC



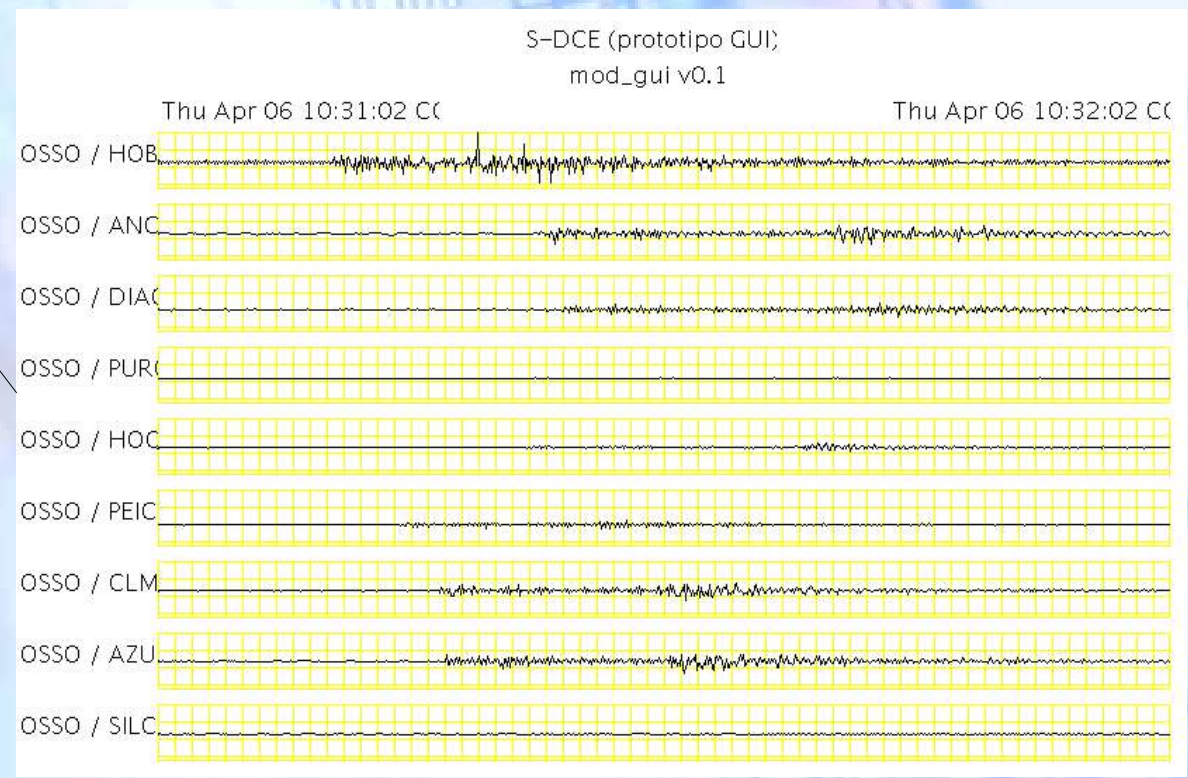
# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

1- Comm, control, protocolos

**S-DCE**

2- Entrada y visualización





# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

1- Comm, control, protocolos

2 - Entrada y visualización

- Etapa 3 -
  - Descripción
  - Diseño detallado
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas

**S-DCE**

3- Núcleo : detector de cambios

s-detect/  
SignalDetectorClient  
  
triggers  
-> STA/LTA + modificac.

XMLSignalServer

XMLSignalDetector



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

1- Comm, control, protocolos

2 - Entrada y visualización

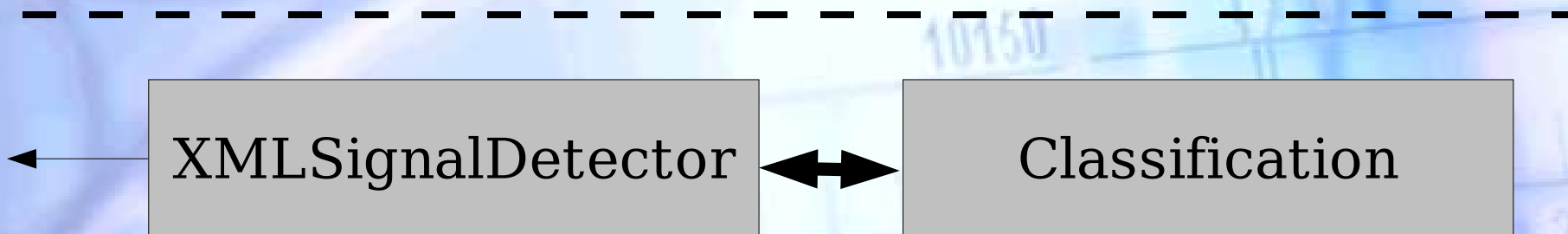
3 - Detector de cambios

- Etapa 4 -
  - Descripción
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas

**S-DCE**

4- Clasificador de eventualidades

mod\_classif/  
DCE-Classification:  
-> Filtro Wavelets D4  
-> reglas OSSO-rsw



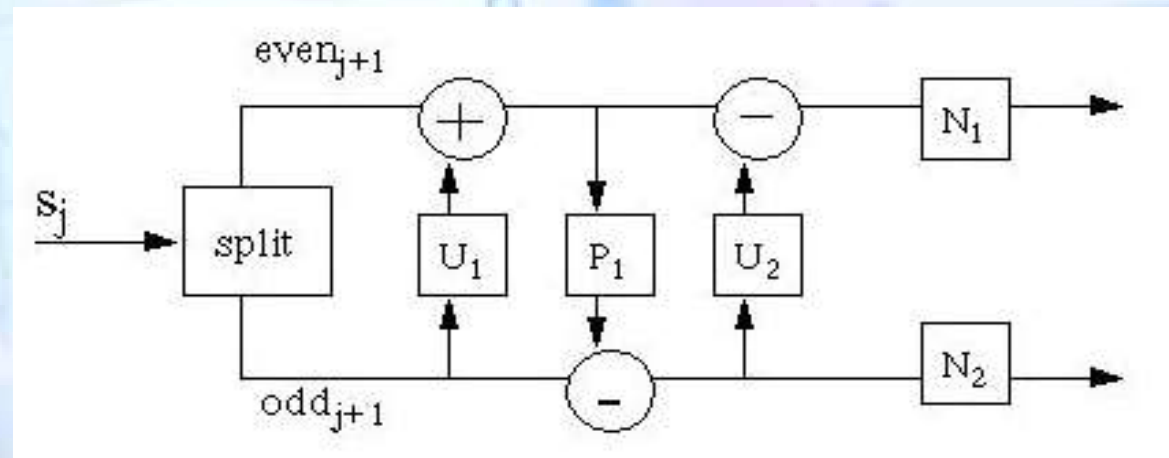
# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

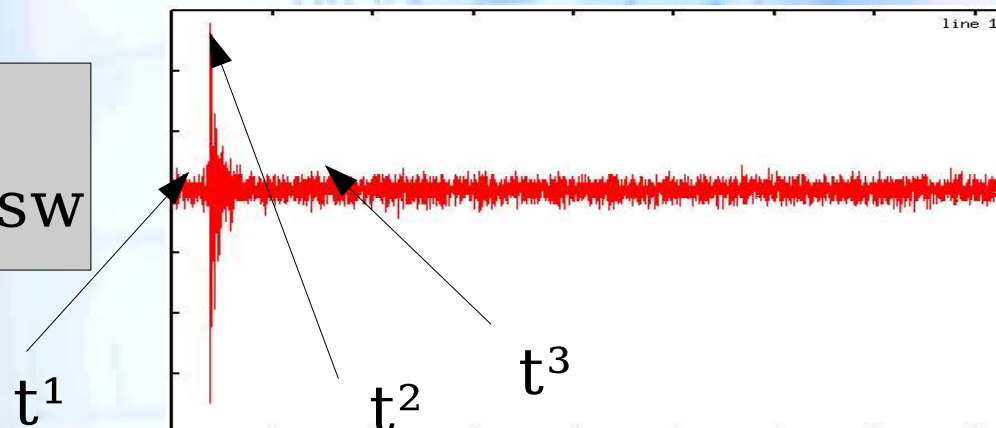
### S-DCE

#### 4- Clasificador de eventualidades

Filtro:  
DCEWaveletD4



Extracción y Clasif:  
DCEClassifBasicOSSOrsw



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

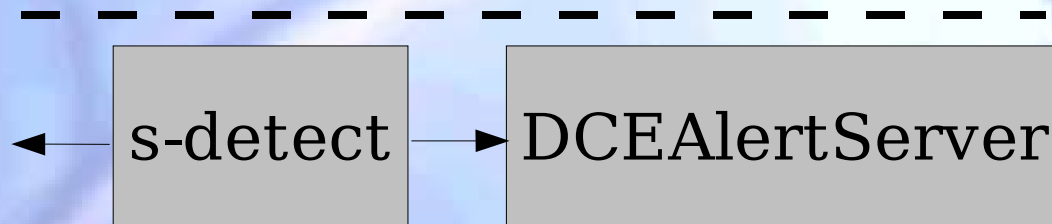
1- Comm, control, protocolos

2 - Entrada y visualización

3 - Detector de cambios

4 - Clasificador de ev.

- Etapa 5 -
  - Descripción
  - Diseño detallado
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas



**S-DCE**

5- Sistema de alerta

mod\_alert/  
DCEAlertServer

To: abc@abc.ab

```
<< Alert Report >>  
TRIGGER Apply  
DCEClassifBasicOSSOrsw  
function. Found in 9  
channels. EV.LOCAL  
generate trigger, aprox.  
at Thu Nov 5 01:03:32  
1998 COT.  
....
```

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

1- Comm, control, protocolos

2 - Entrada y visualización

3 - Detector de cambios

4 - Clasificador de ev.

5 - Sistema de alerta

- Etapa 6 -
  - Descripción
  - Diseño detallado
  - Protocolos
  - Codificación
  - Pruebas

**S-DCE**

6- Integración de componentes

S-DCE/

- Validación
- Documentación
- Revisión

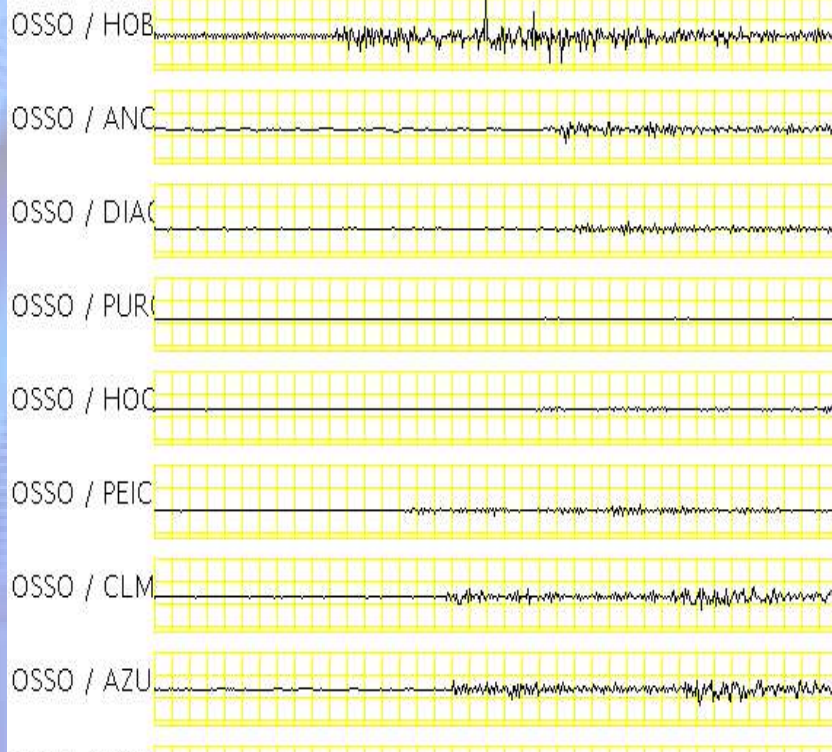


# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

S-DCE (prototipo GUI);  
mod\_gui v0.1

Thu Apr 06 10:31:02 COT



**Evento Local**  
**1995 04 06 10:31:11**  
**Presente en 7 estaciones**

### Alert Report

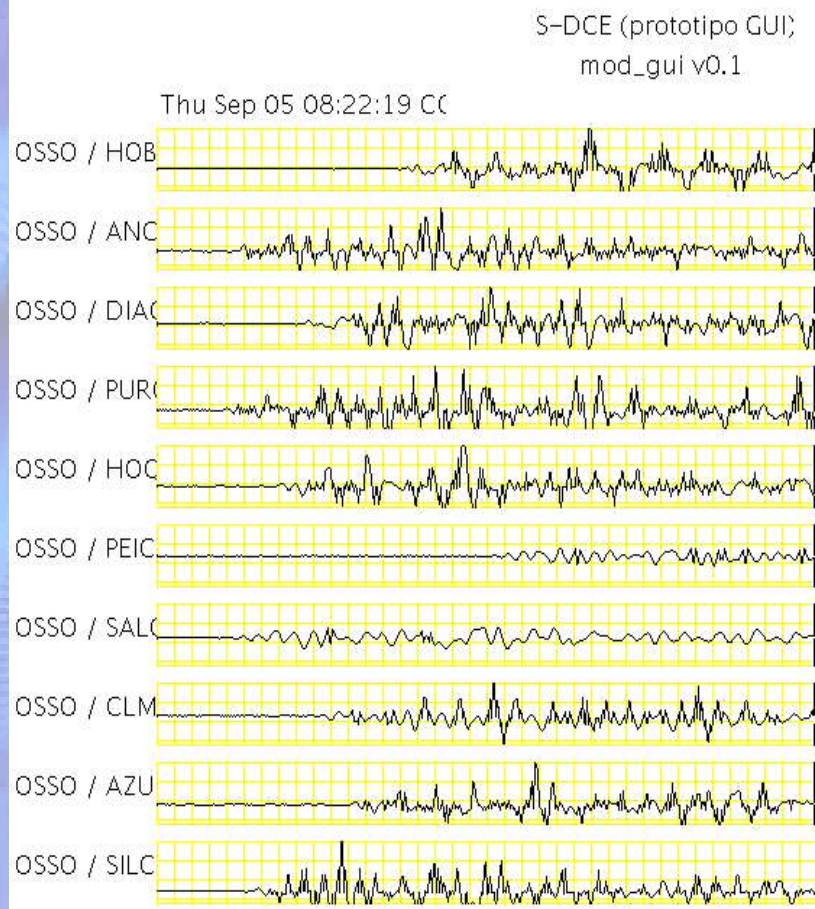
*TRIGGER Apply DCEClassifBasicOSSOrsw function.  
Found in 9 channels.EV.LOCAL generate trigger,  
aprox. at Thu Apr 6 10:31:13 1995 COT.*

### Channels Details

*EVENT detected in OSSO - HOB.  
local event at Thu Apr 6 10:31:13*  
*EVENT detected in OSSO - ANCC - Declared HARD  
regional event at Thu Apr 6 10:31:25*  
*EVENT detected in OSSO - DIAC.  
local event at Thu Apr 6 10:31:31*  
*NOISE detected in OSSO - PURC.  
Signal pick at Thu Apr 6 10:37:00*  
*EVENT detected in OSSO - HOQC - Declared HARD.  
regional event at Thu Apr 6 10:31:24*  
*EVENT detected in OSSO - PEIC - Declared HARD.  
local event at Thu Apr 6 10:31:17*  
*EVENT detected in OSSO - CLMC - Declared HARD.  
local event at Thu Apr 6 10:31:19*  
*EVENT detected in OSSO - AZUC - Declared HARD.  
local event at Thu Apr 6 10:31:22*  
*EVENT detected in OSSO - SILC.  
local event at Thu Apr 6 10:31:38 1995*

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)



Evento Telesísmico  
1996 09 05 08:22:22  
Presente en 10 estac.

### Alert Report

*TRIGGER Apply DCEClassifBasicOSSOrsw function.  
Found in 10 channels.EV.LOCAL generate trigger,  
aprox. at Thu Sep 5 08:22:28 1996 COT.*

### Channels Details

*EVENT detected in OSSO - HOBC- Declared HARD  
local event at Thu Sep 5 08:22:37*

*EVENT detected in OSSO - ANCC - Declared HARD  
local event at Thu Sep 5 08:22:28*

*EVENT detected in OSSO - DIAC  
regional event at Thu Sep 5 08:22:32*

*EVENT detected in OSSO - PURC.  
local event at Thu Sep 5 08:22:31*

*EVENT detected in OSSO - HOQC - Declared HARD  
local event at Thu Sep 5 08:22:32*

*EVENT detected in OSSO - PEIC - Declared HARD  
local event at Thu Sep 5 08:22:51*

*NOISE detected in OSSO - SALC.  
Signal pick at Thu Sep 5 08:22:30*

*EVENT detected in OSSO - CLMC.  
local event at Thu Sep 5 08:32:11*

*EVENT detected in OSSO - AZUC - Declared HARD  
local event at Thu Sep 5 08:22:32*



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE (Detección y Clasificación de Eventualidades)

Evento Local  
1995 04 06 10:31:11  
Presente en 7 estaciones

*DCEClassifBasicOSSOrsw*

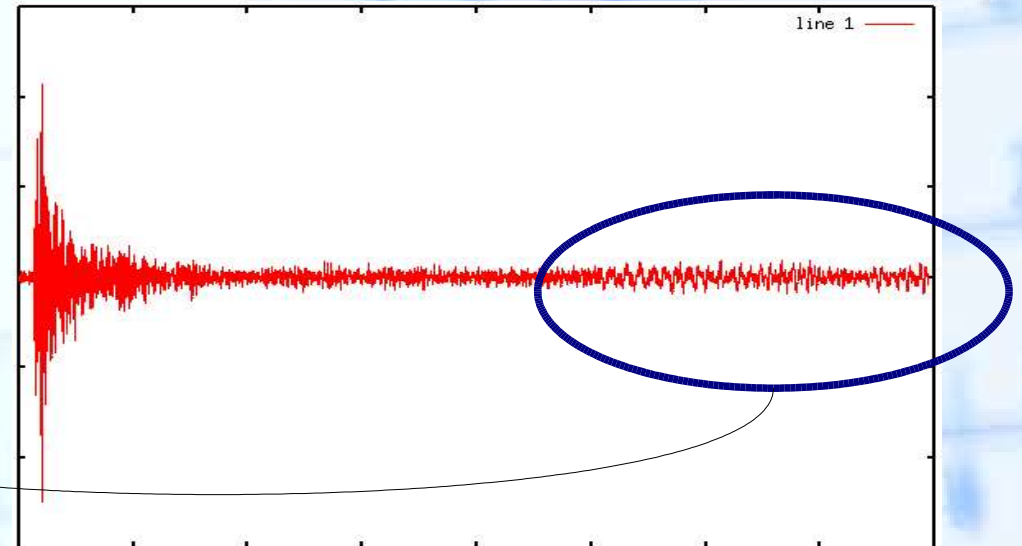
DCE OK.

Evento Telesísmico  
1996 09 05 08:22:22  
Presente en 10 estaciones

DCE FALLA.

*DCEClassifTeleS (?)*

Ondas superficiales..



# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE - Conclusiones

### Conclusiones de la Arquitectura

- Modularización
- Protocolos abiertos
- Varios lenguajes de programación
- Mantenimiento: Pruebas por etapas
- Visibilidad: sub-productos
- Estructuras de datos
  - DSRC
  - XMLDSRC

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE - Conclusiones

### Conclusiones del Modelo

Ingeniería de software

Elem. teóricos / Gestión

Def. Sistema crítico

Modelo propuesto

- Caracterización de señales digitales
- General, no dependiente de mecanismos específicos
- Gestión Riesgo::Sistema de calidad
- Ciclo de vida más adecuado al tipo de problemas

Aplicar a problemas de similar estructura

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE - Perspectivas

### Prototipo S-DCE

- Flujo de datos Online.
- Soporte otros formatos (SUDS, Guralp..)
- Soporte otros 'tipos de señal'.
- Nuevas funciones de detección
  - Telesismos. (..tsunami..)
  - Explosiones. (..accidentes?..)
- Más reglas para clasificación
  - Reconoc. patrones / Inteligencia Artif.
  - Base maestra
  - Estaciones 3Comp.
- Mecanismos de alerta
  - N-ideas..

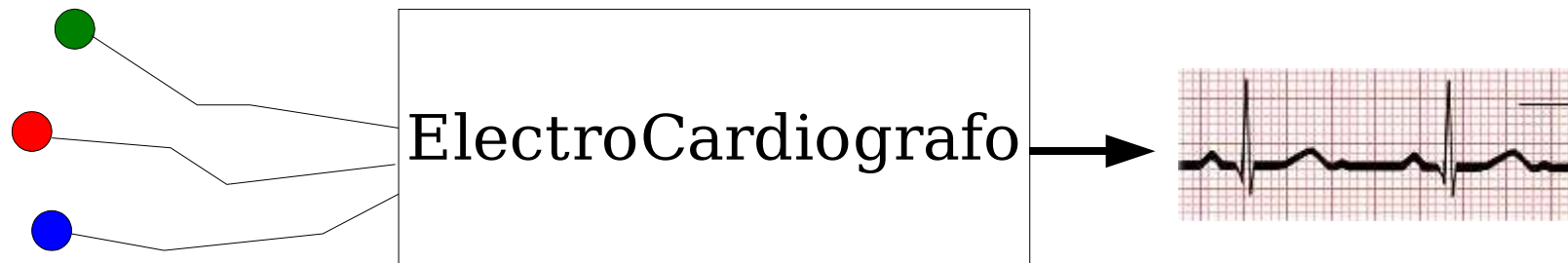
# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

## DCE - Perspectivas

### Modelo

- Otros casos de aplicación
- Cardiología → ECG

Diagnóstico de las enfermedades cardíacas



- ...
- OpenLabView
- Modelo → Arquitectura

# Modelo de un sistema crítico para la caracterización de señales aplicado a la detección de eventos sísmicos

Gracias.